

PEMODELAN POLA ARUS PADA TIGA KONDISI MUSIM BERBEDA SEBAGAI JALUR PELAYARAN PERAIRAN TELUK LAMPUNG MENGUNAKAN SOFTWARE DELFT3D.

Ajje Rahmat Budiwicaksono ¹⁾, Petrus Subardjo ¹⁾, Franto Novico ^{2*)}

- 1) Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. H. Soedharto, SH, Tembalang Semarang. 50275 Telp/Fax (024) 7474698
Email : Rahmatbudi06@gmail.com
- 2) Pusat Penelitian dan Pengembangan geologi Kelautan, Kementrian Energy dan Sumber Daya Mineral
Jl. Dr. Junjuran No. 236 Bandung 40174.

Abstrak

Teluk Lampung merupakan teluk yang menjadi pusat kegiatan beberapa lokasi industri dan dermaga besar, padatnya lalu lintas kapal di Teluk Lampung tidak saja disebabkan oleh lalu lintas kapal besar yang mengangkut bahan industri dan keperluan energi namun juga banyak ditemui kapal-kapal nelayan yang beraktifitas di sekitar teluk. Penelitian ini dilakukan pada tanggal 06 – 20 April 2011 (proses pengambilan data lapangan) di Teluk Lampung pada koordinat 5°28'17.72"LS dan 105°15'6.93"BT. Pengukuran data bathimetri dilakukan dengan 2 metode yaitu menggunakan Syqwest (untuk Sounding laut dalam) dan Echosounder (untuk perairan dangkal).dan AOTT Kempten Strip-Chart (Analog Tide) sebagai alat ukur pasang-surut yang diikat pada dermaga. Menggunakan ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) SonTek Argonaut-XR, pengukuran arus dilakukan pada kondisi pasang surut yang ekstrim yaitu pasang purnama selama 1 x 24 jam.

Hasil pengolahan data batimetri diketahui bahwa kedalaman Perairan Teluk Lampung memiliki kedalaman mencapai ± 28 meter, kedalaman tersebut sangat baik untuk dapat dilewati oleh kapal sebagai alur pelayaran. Hasil simulasi model menggunakan software Delft3D menggambarkan pola arus yang dirata-ratakan terhadap kedalaman pada daerah penelitian, vektor arus pada daerah penelitian menunjukkan bahwa arah pergerakan arus yang terjadi cenderung bersifat bolak-balik akibat adanya dominasi arus pasut, Kecepatan rata - rata yang didapatkan pada stasiun 1 dan 2 berkisar antara 0,0172 – 0,0279 meter/ detik. Pemodelan pola arus di perairan Teluk Lampung diberikan 3 skenario untuk memodelkan pola arus dengan masukan arah angin, diperoleh hasil kecepatan rata – rata arus pada musim barat sebesar 0,01728 – 0,02587 meter/ detik. Pada musim timur diperoleh dari hasil simulasi model hasil kecepatan rata – rata arusnya sebesar 0,0174 – 0,0298 meter/detik, Sedangkan untuk kecepatan rata – rata arus pada musim peralihan sebesar 0,0175 – 0,0278 meter/detik. Vektor arah sebagai pola arus pada perairan Teluk Lampung tidak terjadi perbedaan arah yang cukup berarti sehingga pola arus pada perairan tersebut pada musim barat, timur dan peralihan terlihat relatif sama.

Kata Kunci : Arus, Pasang Surut, Batimetri, Delft3D, Teluk Lampung

Abstract

Lampung Bay is an area that became the center of several major industrial sites and port are also located in this bay, many activities of ships traffic in the Bay of Lampung is not only caused by large ships traffic carrying industrial materials and energy purposes, but also found many fishing vessels that activity around the bay. The research was conducted on the 6 to 20 April 2011 (the collection of field data) be located in Lampung 105°0'04" until 105°40'04" East longitude and 6°45'07" to south latitude 3°45'07". Bathymetry data measurements performed with two methods: using Syqwest (for deep-sea Sounding) and echosounder (for shallow water). AOTT Kempten Strip-Chart (Analog Tide) as a tidal gauge tied to the dock. Using ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) Argonaut-XR sontek, current measurement is done on the condition of the extreme tidal tide for 1 x 24 hours.

Bathymetry data processed is known that the depth of Lampung Bay Waters average depth to \pm 28 meters, The depth is very good to be passed by the board as a shipping channel. Results of simulation models using software Delft3D describe the current pattern is averaged with depth in the study area vector current in the area showed that the direction of movement of currents occur tend to be back and forth due to the dominance of tidal currents, average speed - average obtained at stations 1 and 2 ranged from 0.0172 to 0.0279 meter / sec. Modeling of flow patterns in the waters of the Bay Lampung given 3 scenarios to model the flow pattern with the wind direction input results obtained average speed - average flows on the west of the season from 0.01728 to 0.02587 meters / sec. In the eastern results obtained from model simulation results of average speed - average current of 0.0174 to 0.0298 m / s, As for the average speed - average current in the transitional seasons of 0.0175 to 0.0278 meter / sec. Vector direction of the flow patterns in the waters of the Bay Lampung not occur significant differences in the direction so that the flow pattern in the waters of the west monsoon, east and transitional looks relatively the same.

Keywords: Flow, Tidal, Bathymetry, Delft3D, Flow Sailing, Lampung Bay

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara maritim yang memiliki luas perairan sekitar 5,8 juta km² atau dengan kata lain memuat 1,3 % dari luas perairan dunia. Begitu luas perairan yang dimiliki membuat Indonesia menjadi salah satu negara yang menjadi alur pelayaran Internasional. Maka dari itu Indonesia merupakan salah satu jalur transportasi laut Internasional yang banyak dilewati oleh kapal dari berbagai negara di dunia.

Seiring perkembangan industri dan kebutuhan akan transportasi khususnya transportasi laut baik domestik maupun Internasional di Indonesia semakin meningkat, maka tidak dapat dipungkiri semakin banyak jumlah kapal yang beroperasi di wilayah Indonesia, tak hanya kapal domestik saja melainkan kapal-kapal Internasional termasuk di alur pelayaran Perairan Teluk Lampung.

Menurut Pariwono (1998), Teluk Lampung merupakan teluk yang menjadi pusat kegiatan beberapa lokasi industri. Dermaga besar juga terletak pada teluk ini. Padatnya lalu lintas kapal di Teluk Lampung tidak saja disebabkan oleh lalu lintas kapal besar yang mengangkut bahan industri dan keperluan energi serta kapal-kapal nelayan yang beraktifitas di sekitar teluk tersebut.

Tingginya kasus kecelakaan transportasi laut yang ada di Indonesia yang terjadi selama ini harus menjadi perhatian semua pihak yang terkait, baik pemilik kapal, pemerintah, instansi yang terkait dan masyarakat yang berperan aktif dalam menanggulangi hal tersebut. Berdasarkan laporan akhir antara Pejabat Pembuat Komite Nasional Keselamatan Transportasi dengan Direktur PT. Trans Asia Consultants Nomor 002/STD/KNTR/KNKT/IV/09 tanggal 16 April 2009 tentang Pekerjaan Kajian Analisis Trend Kecelakaan Transportasi Laut Tahun 2003 – 2008, Jumlah kecelakaan kapal pelayaran di Indonesia cukup memprihatinkan, terutama selama periode 2003-2008, dengan terjadinya 691 kasus kecelakaan. Pada tahun 2003 tercatat 71 peristiwa kecelakaan, tahun 2004: 79 kecelakaan, 2005: 125 kecelakaan, Laporan Akhir *Kajian Analisis Trend Kecelakaan Transportasi Laut Tahun 2003 – 2008* 42 2006: 119 kecelakaan, 2007: 159 kecelakaan dan pada tahun 2008 terjadi 138 kasus kecelakaan, rata-rata kenaikan selama 6 tahun terakhir adalah 17%. Jenis kecelakaan yang terjadi rata-rata selama 6 tahun (2003-2008) adalah tenggelam (37%), kandas (13%), tubrukan (15%), kebakaran (18%) dan jenis kecelakaan lainnya (17%). Sedangkan penyebab kecelakaan kapal adalah 37% *human error*, 23% kesalahan teknis, 38% karena kondisi alam dan 2% untuk penyebab lainnya (PT. Trans Asia Consultants, 2009)

2. Materi dan Metode Penelitian

A. Materi Penelitian

Materi penelitian ini berupa data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dari hasil pengukuran dan pengambilan sampel di lapangan berupa data pasang surut, Arus, batimetri. Tahap awal merupakan tahap dalam pengambilan data lapangan pada tanggal 06 April – 20 April 2011 di Teluk Lampung, Provinsi Lampung. Parameter data yang diambil adalah data pasang surut, data arus laut, data bathimetri dan sebagainya.

B. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode penelitian deskriptif. Penelitian deskriptif adalah meneliti suatu kondisi di alam dengan interpretasi yang sistematis, aktual, cermat dan tepat. Tujuannya adalah untuk membuat deskripsi atau gambaran faktual dan akurat mengenai fakta-fakta serta hubungan fenomena-fenomena yang diamati (Nasir, 1983). Pelaksanaan penelitian ini dibagi dalam tiga tahap, yaitu tahap awal yang meliputi tahap persiapan dan pengambilan data, tahap pengolahan dan analisa data, serta tahap akhir yang meliputi verifikasi dan penarikan kesimpulan.

C. Metode Pasang Surut

Pengambilan data pasang surut dilakukan selama 15 hari pada koordinat 5°28'17.72"LS dan 105°15'6.93"BT, dengan menggunakan AOTT *Kempton Strip-Chart (Analog Tide)* merupakan alat ukur pasang-surut yang akan

mencatat perubahan elevasi secara otomatis. Untuk menghitung tetapan pasang surut tersebut diatas, ada beberapa metoda yang sudah biasa dipakai misalnya metoda Admiralti yang berdasarkan pada data pengamatan selama 15 hari atau 29 hari.

Data dari hasil pencatatan pasang surut lapangan kemudian dilakukan analisis harmonik pasang surut dengan metode Admiralty sehingga diperoleh konstanta harmonik pasang surut yaitu M2, S2, K2, N2, K1, O1, P1, dan Q1. Konstanta harmonik pasang surut dapat menghitung muka MSL, HHWL dan LLWL dengan menggunakan Persamaan (2.5) (2.6) (2.7). Konstanta harmonik pasang surut tersebut diperoleh juga bilangan *Formzahl* (F) yang menunjukkan tipe pasang surut di daerah penelitian menggunakan

D. Metode Pengambilan & Analisis Data Arus

Pengukuran arus menggunakan metode Eulerian, Menurut Emery dan Thompson (1998) metode Euler dilakukan dengan pengamatan arus pada suatu posisi tertentu di suatu kolom air sehingga data yang di dapat adalah data arus dalam suatu titik tertentu dalam fungsi waktu. Menggunakan ADCP (*Acoustic Doppler Current Profiler*) SonTek Argonaut-XR, Cara kerja alat ini adalah melalui gelombang akustik yang dipancarkan melalui *transducer* yang merambat di sepanjang kolom air. Alat tersebut diletakkan pada dasar perairan pada kedalaman ± 20 meter, dengan sensor menghadap ke atas. Data yang didapatkan berupa kecepatan arus di semua kedalaman dalam satu kolom air, pengukuran arus dilakukan pada kondisi pasang surut yang ekstrim yaitu pasang purnama selama 1 x 24 jam.

Data arus total terukur di lapangan (*raw data*) melalui ADCP dilakukan pemisahan komponen. Pemisahan ini bertujuan mendapatkan komponen arus yang membentuk arus total ini, komponen- komponen tersebut adalah arus pasang surut dan arus residu atau arus non-pasang surut. Pemisahan arus total terukur di lapangan ini menggunakan *software World Current 1.03*.

E. Metode Pengambilan Data Batimetri

Pengambilan data bathimetri dilakukan dengan 2 metode yaitu menggunakan Syqwest (untuk Sounding laut dalam) dan Echosounder (untuk perairan dangkal). Pada prinsipnya kedua metode tersebut memancarkan gelombang akustik ke dasar laut, lalu dipantulkan oleh dasar laut dan diterima kembali oleh echosounder dan Syqwest. Berdasarkan waktu tempuh gelombang dari transducer – dasar laut – transducer dan cepat rambat gelombang akustik dalam medium air laut akan dapat diketahui kedalaman perairan yang diukur. Kapal yang melakukan pengukuran batimetri akan melalui jalur-jalur pemeruman yang telah ditentukan. Sedangkan echosounder dan Syqwest yang ditambatkan pada kapal akan terus melakukan pengukuran selama kapal berjalan. Kedua metode tersebut akan didapatkan total kedalaman yang kemudian dapat diolah menjadi data bathimetri sebagai tahapan dalam pemodelan.

F. Pemodelan Software Delft3D

a. Model

Mendefinisikan hubungan antara sumbu waktu pada simulasi dengan kenyataan di alam. Semua waktu yang dimasukkan berupa tanggal dan waktu dalam simulasi [dd mm yyyy hh mm ss] (DELFT3D-FLOW, 2011). Simulasi model dijalankan selama 15 hari dari tanggal 6-20 April 2011 disesuaikan dengan waktu pengukuran lapangan. Langkah waktu yang digunakan sebesar $\Delta t=20$ detik dengan mempertimbangkan syarat kestabilan CFL (Courant Friederich Lewy).

Memasukkan skenario angin dalam simulasi model untuk mendapatkan gambaran pola dan kecepatan arus pada Perairan Teluk Lampung sebesar 10 meter/detik untuk setiap sudut atau arah datangnya angin. Sudut datangnya angin di asumsikan mewakili arah angin pada masing masing musim, dimana untuk Musim Barat adalah 225° , Musim Peralihan dengan sudut datang 180° , sedangkan untuk Musim Timur pada 135° .

b. Syarat Batas

Pada batas terbuka dimana elevasi air, komponen kecepatan atau kombinasi harus dimasukkan pada perhitungan awal untuk masalah batasan. Data pasang surut yang digunakan dengan menggunakan data peramalan *Tide Model Driver* (TMD). Data pasang surut dari TMD diinterpolasi sesuai dengan langkah waktu/*time step* simulasi untuk mendapatkan stabilitas model.

c. Verifikasi Model

Verifikasi data didapat dengan menghitung kesalahan relatif yang menunjukkan tingkat kesalahan suatu data dalam persentase nilai. Menurut Triatmodjo (2009). Perhitungan untuk mencari nilai tersebut adalah :

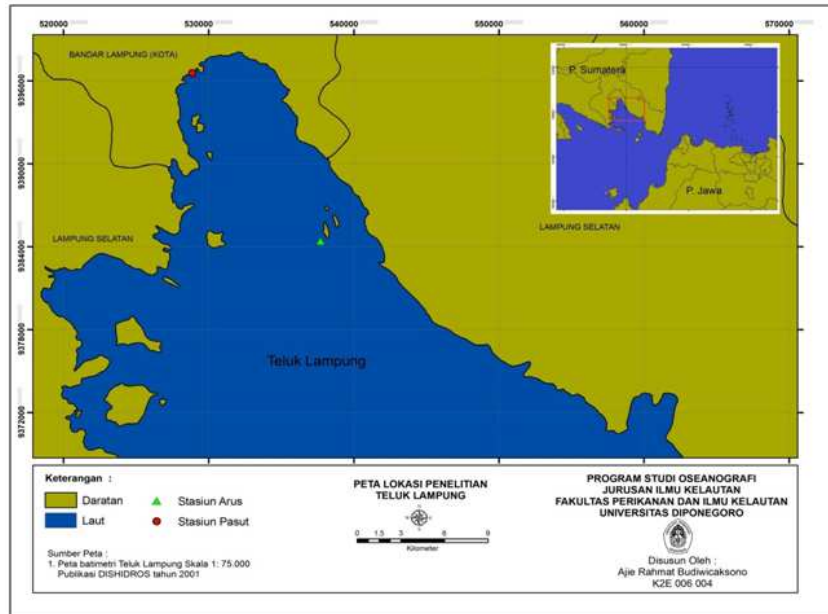
1. Kesalahan Relatif :

$$RE = \left| \frac{p - p^*}{p} \right| \quad (1)$$

2. Kesalahan Relative Rata-rata :

$$MRE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{p - p^*}{p} \right| \times 100\% \quad (2)$$

dengan n, p dan p* berturut-turut adalah jumlah data, data lapangan dan data hasil model.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

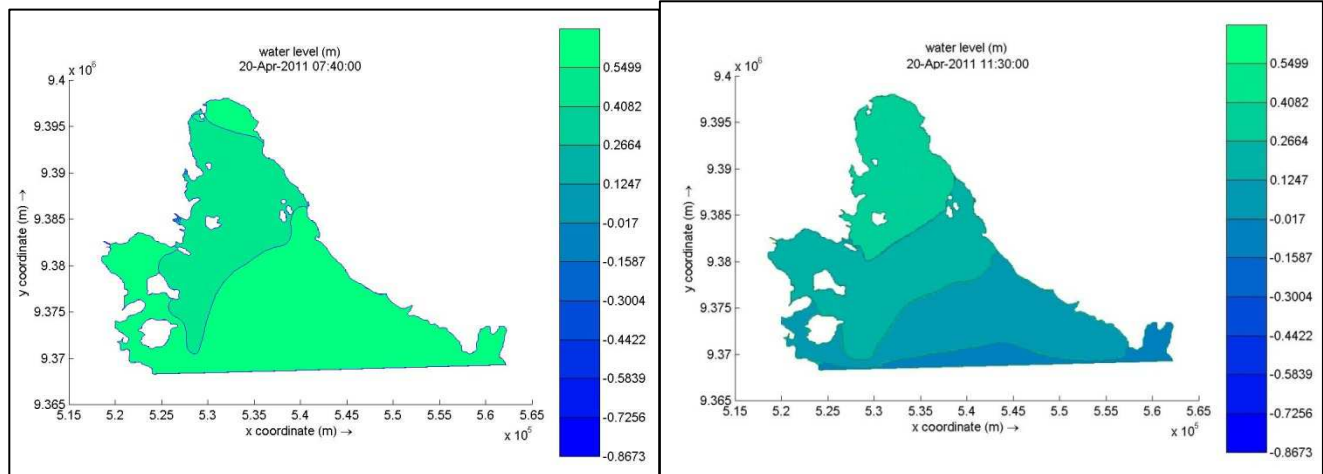
3. Hasil dan Pembahasan

Hasil Simulasi Model

Model disimulasikan selama 15 hari, didapatkan hasil pasang surut, pola dan kecepatan arus secara umum, pola dan kecepatan arus pada musim barat, pola dan kecepatan arus pada musim timur, pola dan kecepatan arus pada musim peralihan.

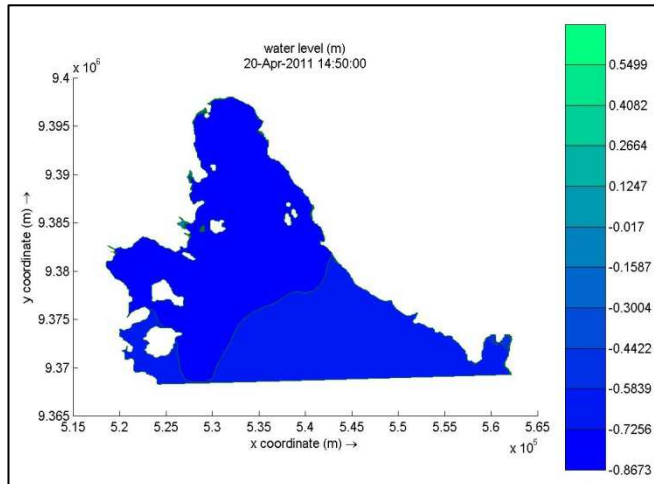
A. Pasang Surut Model

Nilai elevasi pada saat pasang purnama sangat besar. Berdasarkan hasil model, bagian utara Teluk Lampung memiliki nilai elevasi lebih mencapai 0,51 meter. Nilai elevasi saat surut purnama, pada utara perairan Teluk Lampung nilai elevasi mencapai -0.87 meter.

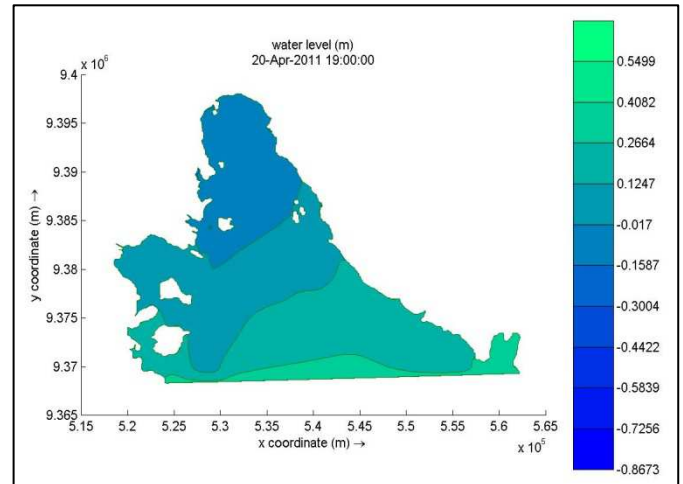


Gambar 2. Sebaran mendatar elevasi muka air pada saat muka air di titik pengamatan pasut berada saat muka air laut tertinggi pada simulasi di Perairan Teluk Lampung.

Gambar 3. Sebaran mendatar elevasi muka air pada saat muka air di titik pengamatan pasut berada saat muka air tertinggi menuju muka air terendah pada simulasi di Perairan Teluk Lampung.



Gambar 4. Sebaran mendatar elevasi muka air pada saat muka air di titik pengamatan pasut berada saat muka air terendah pada simulasi di Perairan Teluk Lampung.



Gambar 5. Sebaran mendatar elevasi muka air pada saat muka air di titik pengamatan pasut berada saat muka air terendah menuju muka air tertinggi pada simulasi di Perairan Teluk Lampung.

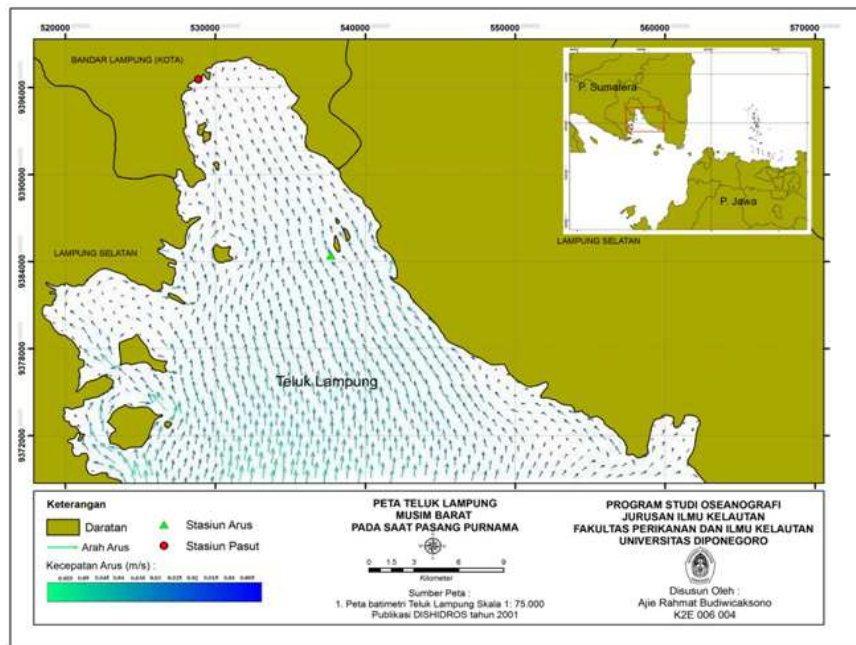
B. Pola dan Kecepatan Arus Perairan Teluk Lampung Pada Musim Barat

Pemodelan pola arus pada musim barat disimulasikan selama 15 hari dan diperoleh hasil kecepatan maksimum arus pada saat pasang purnamanya sebesar 0,0399 – 0,05255 meter/detik. Vektor menunjukkan arah dan besarnya kecepatan arus pada perairan Teluk Lampung, dimana kecepatan pada bagian selatan Teluk Lampung memiliki kecepatan yang besar semakin memasuki ujung teluk maka kecepatannya akan semakin berkurang.

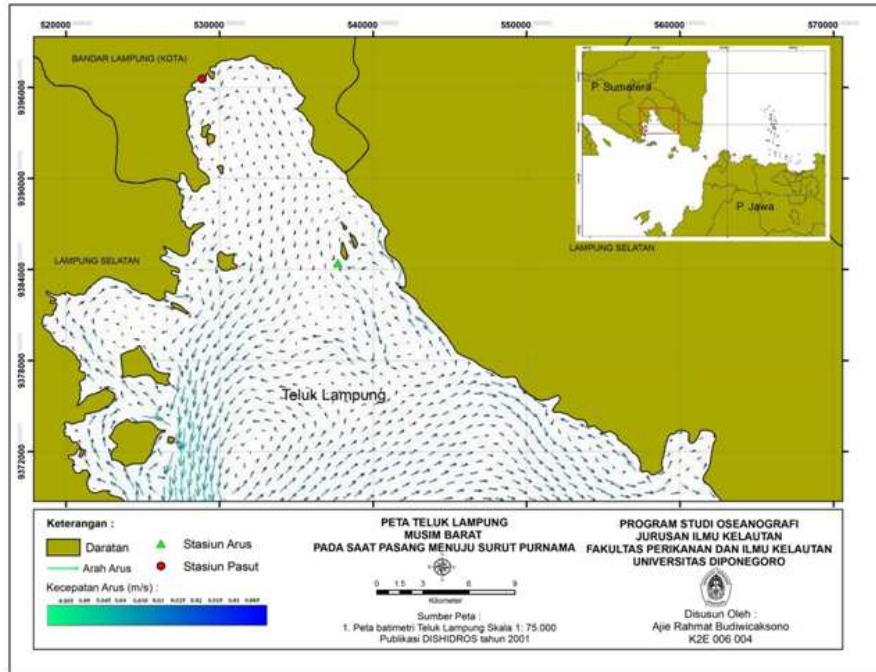
Kecepatan terendah arus pada musim barat saat pasang purnama sebesar 0.002858 – 0,0005 meter/detik, kecepatan tersebut didapatkan dari hasil pengamatan pada 2 stasiun pada simulasi model. Vektor menunjukkan variasi besarnya vektor, disebabkan oleh batimetri perairan dimana kecepatan arusnya meningkat.

Hasil simulasi model didapatkan kecepatan maksimum arus pada musim barat saat surut purnamanya sebesar 0,0319 – 0,04714 meter/detik, vektor arus yang ditunjukkan pada perubahan pola arah vektornya menjauhi utara Teluk Lampung menuju selatan Teluk Lampung.

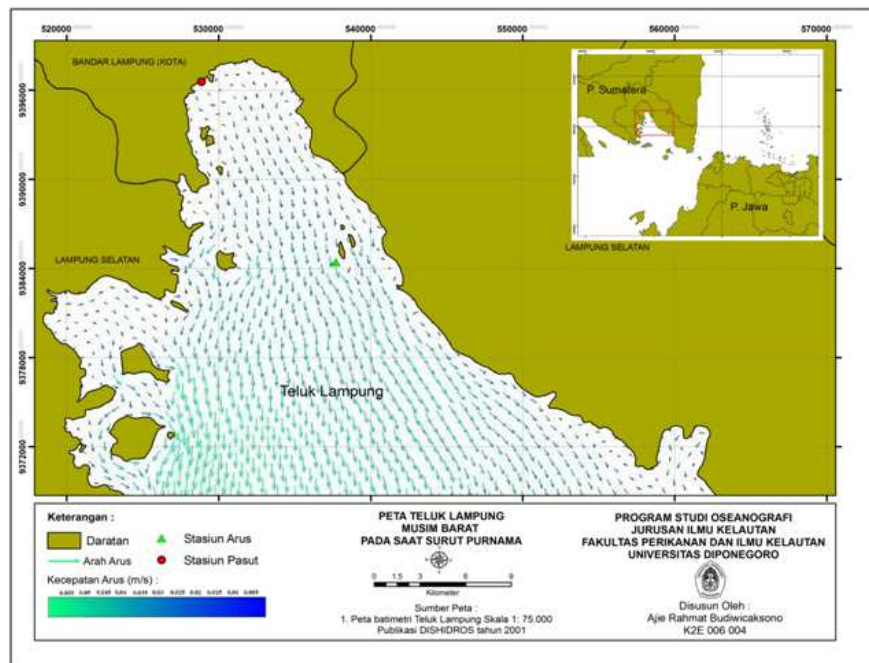
Hasil kecepatan terendah arus pada musim barat saat surut purnama sebesar 0.0080 – 0,0085 meter/detik, terjadi saat surut menuju pasang. Hal ini terjadi karena arus mulai berbelok arah sehingga kecepatan arusnya menjadi semakin kecil.



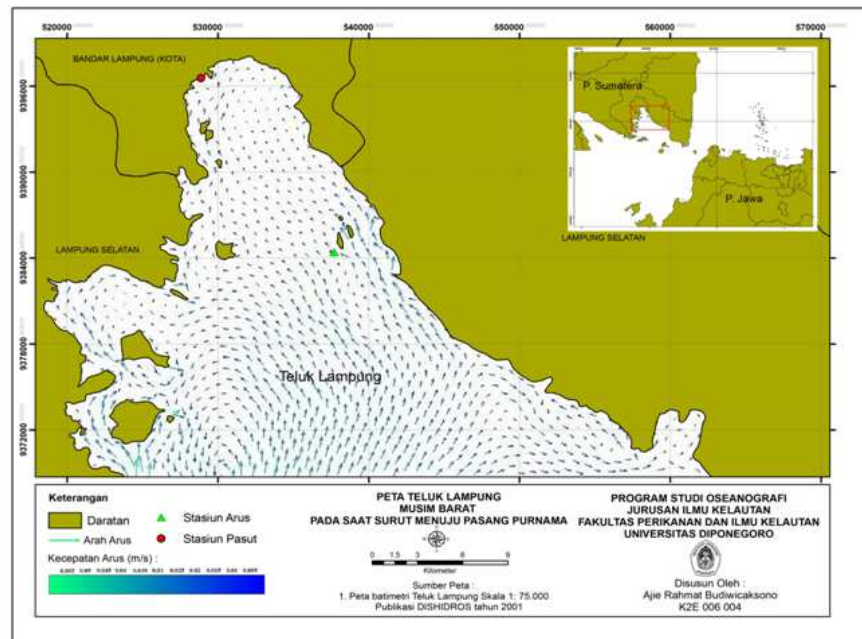
Gambar 4. Pola Arus Saat Pasang Tertinggi Purnama pada Musim Barat Perairan Teluk Lampung.



Gambar 5. Pola Arus Saat Pasang Tertinggi Menuju Surut Terendah Purnama pada Musim Barat Perairan Teluk Lampung.



Gambar 6. Pola Arus Saat Surut Terendah Purnama pada Musim Barat Perairan Teluk Lampung.

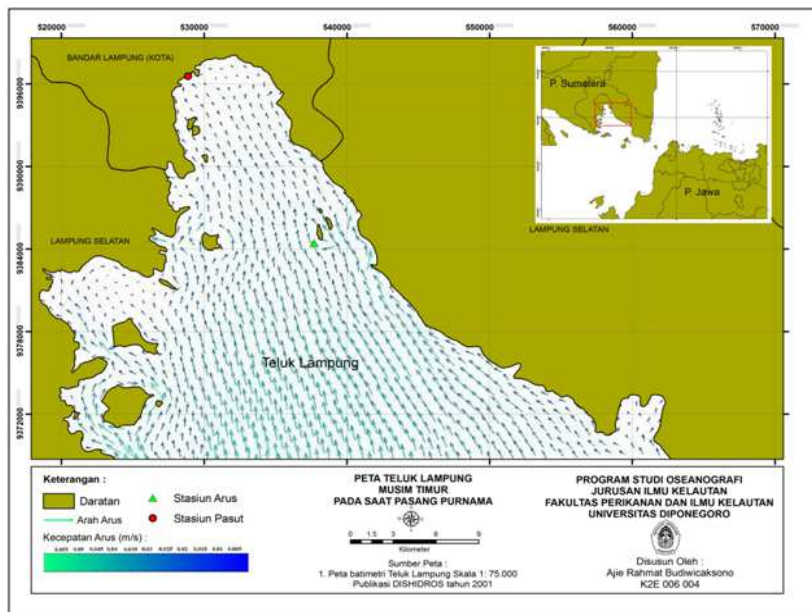


Gambar 7. Pola Arus Saat Surut Terendah Menuju Pasang Purnama pada Musim Barat Perairan Teluk Lampung.

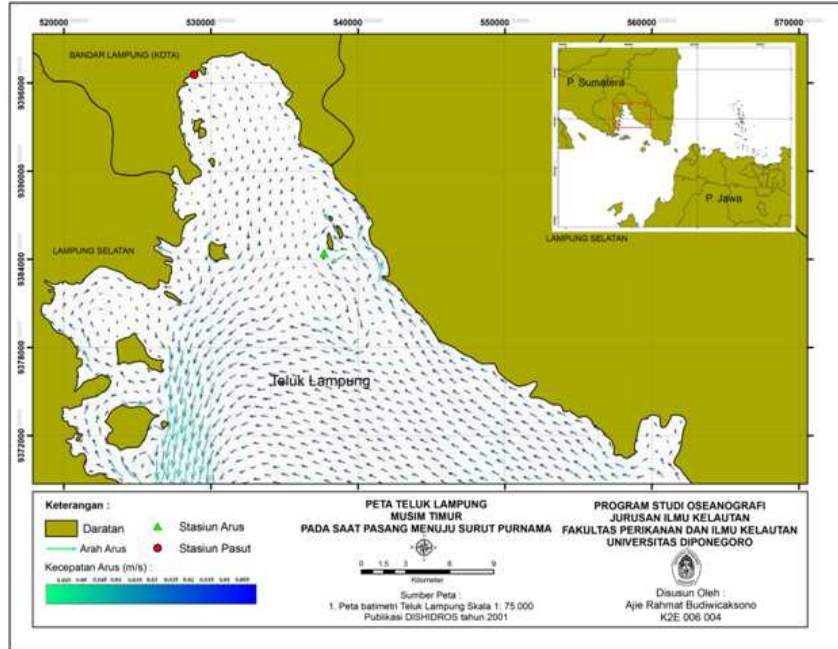
C. Pola dan Kecepatan Arus Perairan Teluk Lampung Pada Musim Timur

Pemodelan pola arus pada musim timur disimulasikan selama 15 hari dan diperoleh hasil kecepatan maksimum arus pada saat surut purnamanya sebesar 0,0404 – 0,0529 meter/detik. Terlihat arah vektor arus yang memasuki teluk lampung dimana kecepatan arusnya akan semakin kecil ketika berada di ujung Teluk Lampung. Hasil kecepatan terendah arus pada musim barat saat pasang purnama sebesar 0,0081 – 0,0121 meter/detik. Keadaan ini terjadi saat arus pasang menuju surut, dimana kecepatannya menjadi kecil sebelum arusnya berbalik arah.

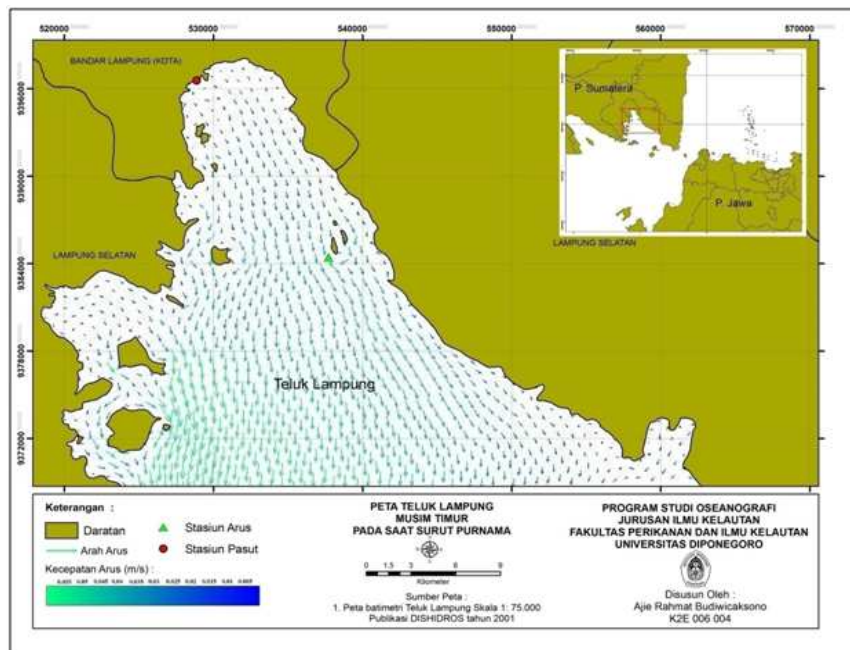
Hasil simulasi model didapatkan kecepatan maksimum arus pada saat surut purnamanya sebesar 0,0320 – 0,0487 meter/detik, vektor arus yang ditunjukkan perubahan pola arah vektornya menjauhi utara Teluk Lampung menuju selatan Teluk Lampung. Semakin menjauhi utara Teluk Lampung, ukuran vektornya semakin besar. Hal ini menunjukkan semakin besarnya kecepatan arus yang menuju arah luar teluk. Kecepatan terendah arus pada musim barat sebesar 0,00278 – 0,0058 meter/detik. Keadaan ini terjadi saat arus pada waktu surut menuju pasang, dimana kecepatannya menjadi semakin kecil dan berbelok arah. Arah pergerakan arus yang ditunjukkan oleh vektor sangat dipengaruhi oleh gaya pasang surut perairan Teluk Lampung. Saat pasang terjadi pergerakan vektor arus memasuki teluk, sedangkan pada saat surut arah vektornya menuju ke arah luar teluk.



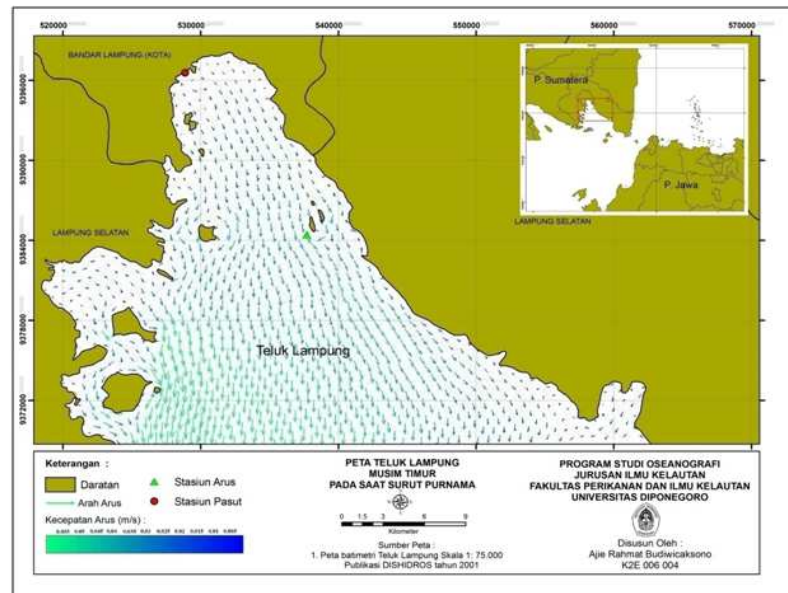
Gambar 8. Pola Arus Saat Pasang Tertinggi Purnama pada Musim Timur Perairan Teluk Lampung.



Gambar 9. Pola Arus Saat Pasang Tertinggi Menuju Surut Terendah Purnama pada Musim Timur Perairan Teluk Lampung.



Gambar 10. Pola Arus Saat Surut Terendah Purnama pada Musim Timur Perairan Teluk Lampung.

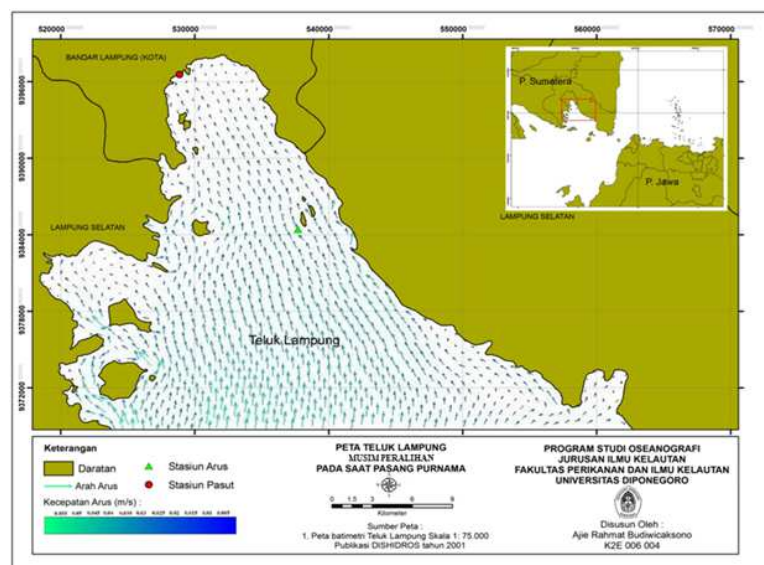


Gambar 11. Pola Arus Saat Surut Terendah Menuju Pasang Purnama pada Musim Timur Perairan Teluk Lampung.

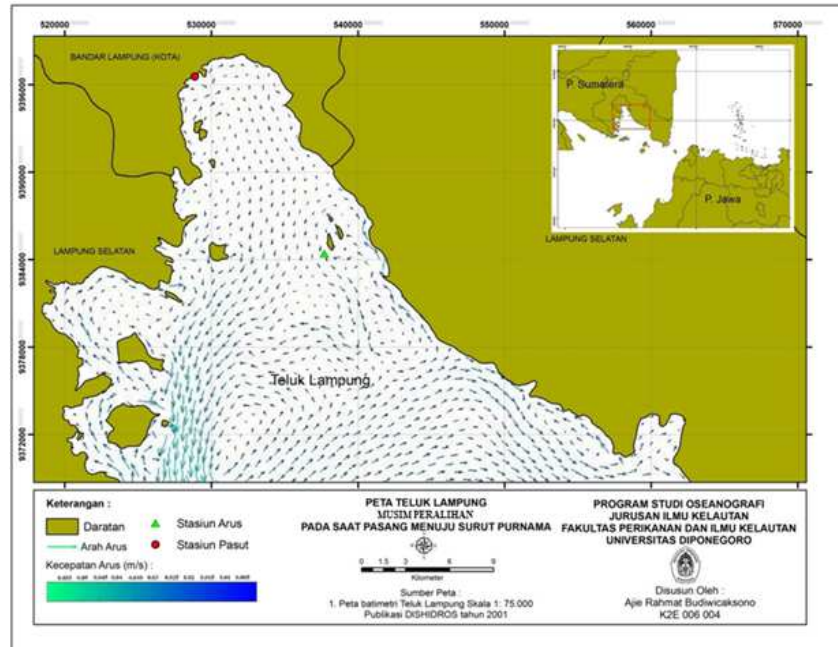
D. Pola dan Kecepatan Arus Perairan Teluk Lampung Pada Musim Peralihan.

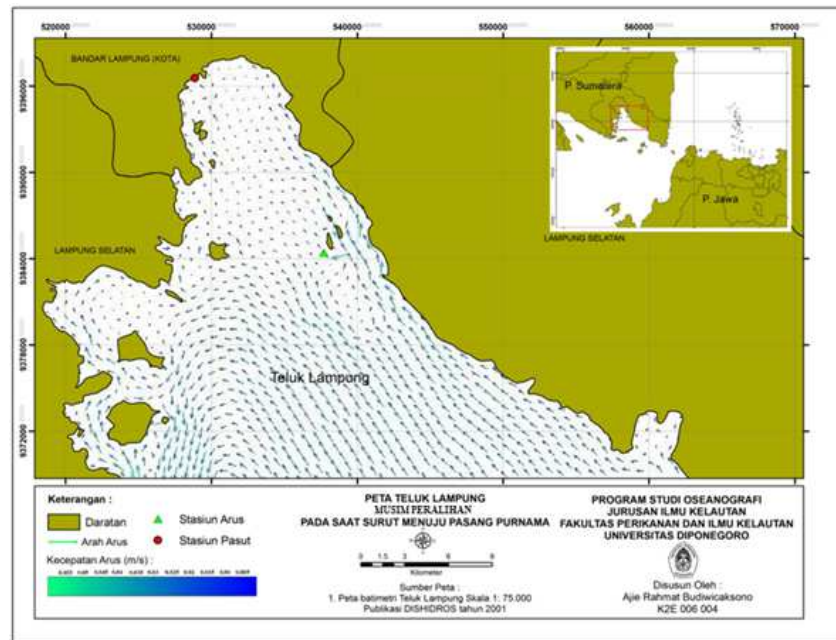
Pemodelan pola arus pada musim peralihan disimulasikan selama 15 hari dan diperoleh hasil kecepatan maksimum arus pada saat surut purnamanya. Terlihat arah vektor arus yang memasuki teluk lampung dimana kecepatan arusnya sebesar 0,084 meter/detik akan semakin kecil ketika berada di ujung Teluk Lampung sebesar 0,0651 meter/detik. Hasil kecepatan terendah arus pada musim barat pada saat pasang menuju surut sebesar 0.0081 meter/ detik, vektor menunjukkan massa air bergerak dari pantai ke arah lautan 0,085 meter/detik.

Hasil simulasi model didapatkan kecepatan maksimum arus pada saat surut purnamanya sebesar 0,0320 meter/detik, vektor arus yang ditunjukkan pada perubahan pola arah vektornya menjauhi utara Teluk Lampung menuju selatan Teluk Lampung sebesar 0,0480 meter/ detik. Kecepatan terendah arus pada musim barat saat surut purnama menuju pasang sebesar 0,00278 meter/ detik, vektor arus saat surut berbanding terbalik dengan arah vektor saat pasang sebesar 0,0018meter/detik. Keadaan ini terjadi saat arus pada waktu surut menuju pasang, dimana kecepatannya menjadi semakin kecil dan berbelok arah. Arah pergerakan arus yang ditunjukkan oleh vektor sangat dipengaruhi oleh gaya pasang surut perairan Teluk Lampung. Saat pasang terjadi pergerakan vektor arus memasuki teluk, sedangkan pada saat surut arah vektornya menuju ke arah luar teluk.



Gambar 12. Pola Arus Saat Pasang Tertinggi Purnama pada Musim Peralihan Perairan Teluk Lampung.



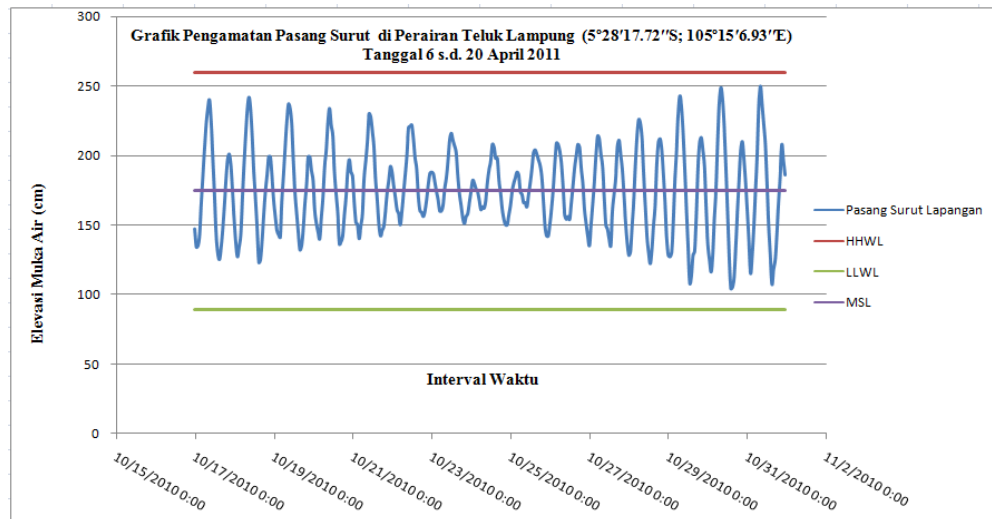


Gambar 15. Pola Arus Saat Surut Terendah Menuju Pasang Purnama pada Musim Peralihan Perairan Teluk Lampung.

Hasil Data Lapangan

A. Hasil Pengamatan Pasang Surut.

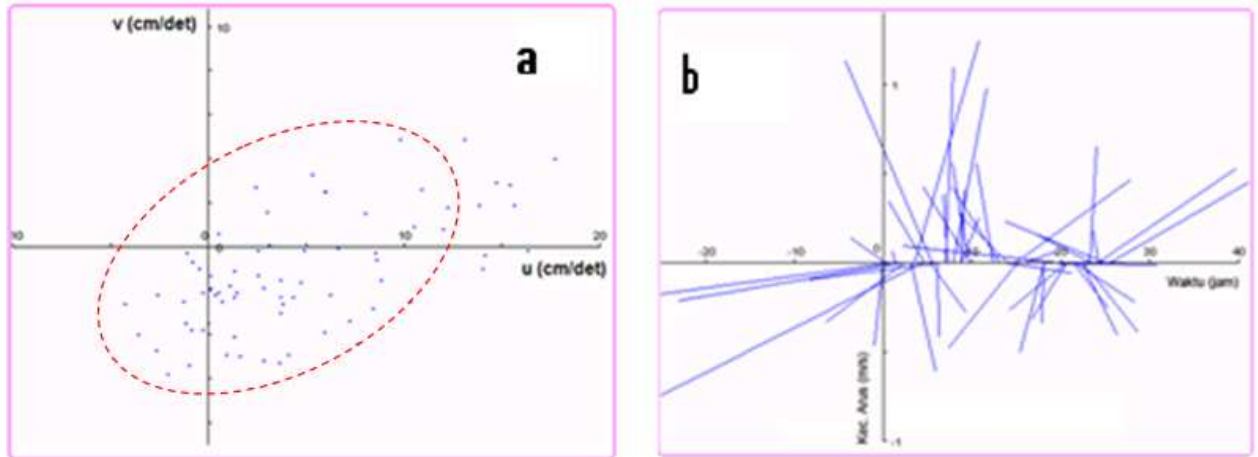
Hasil pasut lapangan pada grafik diatas diperoleh nilai Tinggi Muka Air Rata-rata (*Mean Sea Level*), Tinggi Muka Air Tinggi Tertinggi (*High Highest Water Level*), Tinggi Muka Air Rendah Terendah (*Low Lowest Water Level*) berturut-turut sebesar 175 cm, 260 cm, 89 cm. Hasil perhitungan pasut dengan metode admiralty diperoleh nilai bilangan formzhall sebesar 0.47. Menurut Triatmodjo (1999), pasang surut campuran condong ke harian ganda adalah dimana dalam satu hari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut tetapi tinggi dan periodenya berbeda.



Gambar 16. Grafik Pasang Surut Lapangan (Novico, 2011)

B. Hasil Pengukuran Arus.

Pengolahan data arus lapangan menghasilkan tabel kecepatan arus total dan kecepatan arus dalam komponen arus arah x dan y. Kecepatan arus rata-rata pada daerah penelitian adalah 0,044 m/detik. Pengolahan data tabel arus menghasilkan scatter plot dan vektor plot seperti yang terlihat dalam Gambar 17a dan 17b.

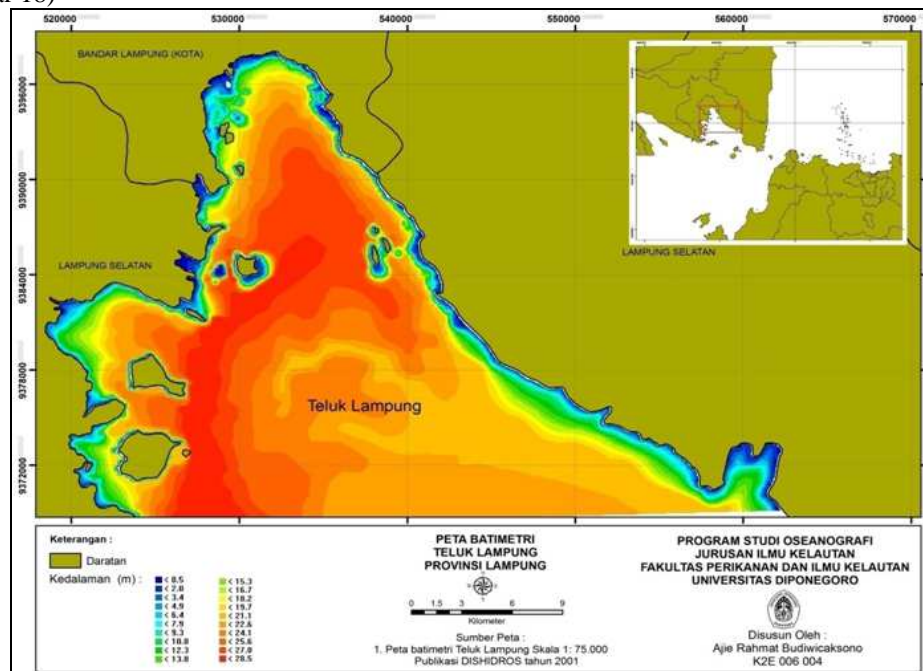


Gambar 17. a) scatter plot dan b) vektor plot Arus Lapangan.

C. Batimetri.

Hasil yang diperoleh yaitu kedalaman Perairan Teluk Lampung menunjukkan kedalaman mencapai ± 28 m, yang mana ditunjukkan dengan indikasi warna merah terang pada peta bathimetri. Kedalaman minimum yang didapatkan $\pm 0,5$ m yang terdapat di sekitar pantai. Banyaknya terdapat pulau-pulau kecil menyebabkan perairan Teluk Lampung memiliki kedalaman yang bervariasi.

Teluk Lampung merupakan salah satu dari dua teluk diujung tenggara Pulau Sumatera. Kota Bandar Lampung dan wilayah penelitian terletak pada pangkal teluk dan bagian mulut teluk (arah selatan-tenggara) berhadapan langsung dengan Selat Sunda yang merupakan perairan penghubung antara Laut Jawa di sebelah utara dan Samudera Hindia di selatan. Dasar laut di sisi timur teluk lebih curam daripada sisi utara dan barat atau pangkal teluk. Dasar laut terdalam di wilayah penelitian hanya sekitar -25 m dan hanya berlokasi di batas arah selatan wilayah penelitian perairan (Gambar 18)



Gambar 18. Bathimetri Teluk Lampung.

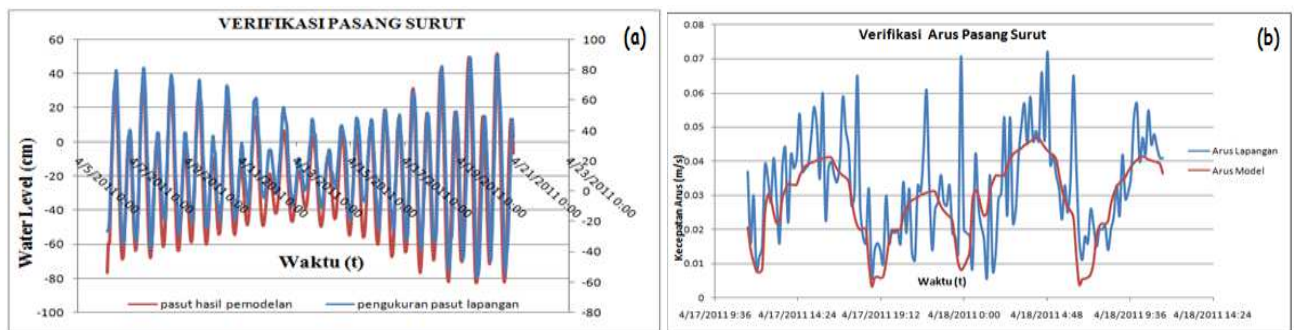
Verifikasi Hasil Model dengan Data Lapangan.

Nilai-nilai kesalahan yang diperoleh dari hasil verifikasi hasil model dengan data lapangan pada bulan Juni adalah sebagai berikut :

Tabel 4. Verifikasi hasil model dengan lapangan

No.	Parameter	Relative Error	Mean Relative Error (%)
1.	Elevasi Muka Air	0,13	13
2.	Kecepatan Arus	0,34	34

Berikut ini grafik verifikasi hasil model dengan data lapangan:

**Gambar 19.** Grafik verifikasi hasil model dan lapangan untuk a) elevasi Muka air dan b) kecepatan arus.**Pembahasan****Pola dan Kecepatan Arus Terhadap Alur Pelayaran Perairan Teluk Lampung.**

Alur-Pelayaran adalah perairan yang dari segi kedalaman, lebar, dan bebas hambatan pelayaran lainnya dianggap aman dan selamat untuk dilayari

Hasil pengolahan data batimetri diketahui bahwa kedalaman Perairan Teluk Lampung memiliki kedalaman mencapai ± 28 meter. Dimana kedalaman perairan ini terletak pada bagian tengah teluk. Pada sebelah timur pulau tegal hingga pulau pahawang memiliki kedalaman yang cukup curam, kedalaman tersebut sangat baik untuk dapat dilewati oleh kapal sebagai alur pelayaran.

Perairan Teluk Lampung memiliki banyak pulau-pulau kecil pada bagian ujung tertutup teluk tersebut, ini menyebabkan pada bagian tersebut memiliki kedalaman yang dangkal sehingga kurang baik untuk di lewati sebagai jalur pelayaran. Banyak ditemukannya gosong pada bagian tertutup teluk yang dapat menyebabkan kandasnya kapal apabila tidak memiliki pengetahuan mengenai batimetri pada perairan teluk. Dasar laut di sisi utara teluk (pangkal teluk) relatif landai dengan kedalaman 5 sampai dengan 20 meter LWS. Semakin ke arah selatan, kedalaman dasar laut semakin meningkat dan cenderung semakin curam.

Kedalaman perairan antara pulau condong dan pulau tegal memiliki kedalaman berkisar 20 – 25 meter, dimana daerah tersebut dapat digunakan sebagai tempat bersandara sementara sebelum memasuki pelabuhan. Pada daerah tersebut juga dapat dimanfaatkan sebagai tempat perputaran kapal, sehingga dapat mempermudah dalam keluar masuknya kapal pada alur pelayaran Perairan Teluk Lampung.

Hasil data batimetri yang telah didapatkan, dapat menunjukkan bahwa perairan Teluk Lampung memiliki kedalaman yang aman untuk dijadikan sebagai jalur pelayaran. Menurut pasal 187 UU No. 17 tahun 2008 tentang Pelayaran, Alur-Pelayaran adalah perairan yang dari segi kedalaman, lebar, dan bebas hambatan. Pasal 25 ayat 2 b, Alur-pelayaran dengan kedalaman laut kurang dari 20 (dua puluh) meter kabel laut dan Pipa bawah laut harus dipendam 4 (empat) meter di bawah permukaan dasar laut (*natural seabed*). Berdasarkan hal tersebut diketahui bahwa untuk alur pelayaran memiliki kedalaman ± 15 meter, dihitung dari nilai surut terendahnya. Perairan Teluk Lampung memiliki kedalaman mencapai ± 28 meter, sehingga aman untuk dilewati dalam pelayaran.

Penentuan alur pelayaran ditinjau dari aspek keamanan bernavigasi dimaksudkan agar alur terhindar atau bebas dari gosong ataupun karang yang tenggelam sewaktu air pasang (*low elevation tide*), dangkalan ataupun karang tumbuh, pulau-pulau kecil. Disamping itu selat yang terlalu sempit, perairan yang mempunyai arus atau ombak yang menyulitkan olah gerak kapal serta halangan navigasi lainnya.

Pada saat pasang air akan bergerak memasuki teluk, sehingga arah arus akan bergerak dari perbedaan muka air dari yang tinggi ke permukaan yang lebih rendah. Tanda vektor pada semua simulasi yang telah dilakukan menunjukkan arah arus tersebut memasuki teluk. Semakin memasuki bagian utara teluk, maka kecepatannya akan semakin berkurang. Hal ini disebabkan karena pengaruh topografi pada daerah penelitian.

Pada saat pasang menuju surut, terjadi perubahan sebagian arah arus pada teluk. Menyebabkan terjadinya sebuah perputaran arah arus, dimana sebagian arah arus ada yang memasuki teluk dan sebagian lagi telah berbalik arah menuju keluar teluk. Pada saat terjadinya perubahan pasang menuju surut didapatkan kecepatan yang besar, sehingga pada saat kondisi seperti ini sangat berpengaruh terhadap alur pelayaran di Perairan Teluk Lampung. walaupun memiliki kecepatan arus yang relative kecil, akan tetapi banyak kapal yang terbawa oleh perputaran arus akibat perubahan arah arus.

Pada saat surut, maka arah arus yang akan menuju keluar teluk. Hal ini dibuktikan dengan vektor yang ditunjukkan oleh hasil model yang telah didapatkan. Menurut King (1962), arus yang terjadi di laut teluk dan laguna adalah akibat massa air mengalir dari permukaan yang lebih tinggi ke permukaan yang lebih rendah yang disebabkan oleh pasut. Arus pasang surut adalah arus yang cukup dominan pada perairan teluk yang memiliki karakteristik pasang (*flood*) dan surut atau ebb. Pada waktu gelombang pasut merambat memasuki perairan dangkal, seperti muara sungai atau teluk, maka badan air kawasan ini akan bereaksi terhadap aksi dari perairan lepas.

Pada umumnya arus terjadi sepanjang pantai disebabkan oleh perbedaan muka air pasang dan surut tiap jam di sepanjang estuari yang dipengaruhi volume dari arah hulu sungai (*upstream*) menuju hilir sungai (*downstream*), sehingga perilaku arus dipengaruhi pola pasang surut. Kecepatan arus yang aman untuk kapal berlabuh disyaratkan berkecepatan maksimal 2 knot atau 1 m/dt.

Kecepatan rata-rata arus yang didapatkan pada simulasi model yang dilakukan selama 15 hari, menunjukkan kondisi pada perairan teluk memiliki kecepatan arus yang tidak terlalu ekstrim. Kecepatan arus pada perairan Teluk Lampung kurang berdampak signifikan terhadap alur pelayaran, sehingga aman untuk dilewati sebagai zona pelayaran.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat diambil kesimpulan bahwa secara umum, Teluk Lampung memiliki kedalaman ± 28 meter, dimana bagian tengah teluk memiliki kedalaman yang relatif curam sehingga aman dilewati sebagai jalur pelayaran.

Pemodelan pola arus pada musim barat disimulasikan selama 15 hari dan diperoleh hasil kecepatan rata-rata arus pada tiga kondisi musim di perairan Teluk Lampung memiliki besar kecepatan yang relatif sama dan memiliki kecepatan yang rendah, disebabkan karena perairan ini merupakan perairan tertutup. Arus pada daerah penelitian merupakan arus pasang surut, dimana saat pasang arah arusnya memasuki daerah teluk dan saat surut arah arusnya berbalik arah menuju keluar Teluk Lampung.

Kecepatan arus yang aman untuk kapal berlabuh disyaratkan berkecepatan maksimal 2 knot atau 1 m/dt, sehingga alur pelayaran pada Teluk Lampung dapat dikatakan relative cukup aman untuk dilewati. Factor tersebut telah memenuhi criteria dalam alur pelayaran yaitu perairan yang dari segi kedalaman, lebar, dan bebas hambatan pelayaran lainnya dianggap aman dan selamat untuk dilayari.

Daftar Pustaka

- Delft3D-FLOW User Manual. 2011. Simulation of multi-dimensional hydrodynamic flows and transport phenomena, including sediments, Deltares, Rotterdamseweg 185, 672 pp.
- Emery, W.J. and Thomson, R.E. 1998. *Data Analysis Methods in. Physical Oceanography*. Pergamon Press, Exeter, United Kingdom.
- King, C. A. M. 1966. *An Introduction to Oceanography*. McGraw Hill Book Company, Inc. New York. San Francisco.
- Nasir, M. 1983. Metode Penelitian. Ghalia Indonesia, Jakarta.
- Novico, F. 2011. Penelitian Aspek Kebencanaan Geologi Kelautan di Sekitar PLTU Teluk Lampung, Puslitbang Geologi Kelautan. Bandung
- Pariwono, J. 1998. Kondisi Oseanografi Perairan Pesisir Lampung. NRM Sekretariat: Jakarta, 24 hlm.
- Triatmodjo, B. 2009. Perencanaan Pelabuhan. Beta Offset. Yogyakarta, 81- 148 hlm.
- Triatmodjo, B. 1999. Teknik Pantai. Beta Offset. Yogyakarta, 57 dan 299 hlm